

# マルチメディア通信サービスにおける知識型マルチエージェントに基づく柔軟なQoS制御方式

著者	今井 信太郎
号	12
学位授与番号	373
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/37844">http://hdl.handle.net/10097/37844</a>

氏名（本籍地）	いまい しんたろう 今井 信太郎
学位の種類	博士（情報科学）
学位記番号	情博第 373 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科、専攻	東北大学大学院情報科学研究科（博士課程）情報基礎科学専攻
学位論文題目	マルチメディア通信サービスにおける知識型マルチエージェントに基づく柔軟な QoS 制御方式
論文審査委員	（主査）東北大学教授 白鳥 則郎 東北大学教授 木下 哲男 東北大学教授 橋本 和夫 東北大学助教授 菅沼 拓夫

## 論文内容の要旨

### 第 1 章 序論

近年、無線ネットワークや高性能携帯型端末などのネットワーク・端末技術の発達により、ユビキタス情報環境と呼ばれる「いつでも・どこでも・誰でも、利用者がコンピュータやネットワークを利用できる情報環境」が注目されている。このような環境において、動画像や音声などにより構成されるマルチメディア通信サービス (MCS) を利用する場合、MCS はネットワークや計算機の情報通信資源を多く消費するアプリケーションであるため、資源の不十分な環境では利用者の要求するサービス品質 (QoS) を提供することは難しい。このため、利用者は自身で資源の状況に合わせて QoS を調整する必要がある。しかし、MCS の適切な QoS 調整にはネットワークや計算機に関する専門知識が必要であり、専門知識を持たない一般利用者が的確に QoS を調整することは困難である。したがって、サービスを提供するシステムは資源状況や利用者要求などの変化に自律的に対応し、所望の利用者要求を充足するよう QoS を制御する必要がある。しかし MCS を提供する環境は、ユビキタス情報環境の普及によりさらに多様化しつつあり、資源の不足により QoS が大幅に低下する場合、それぞれの環境に応じてシステム自身が適切に QoS を制御することは困難であった。

本研究の目的は、多様な環境に対応し、可能な限り利用者が所望する QoS を提供するマルチメディア通信サービスの実現である。実際に MCS の提供中に QoS 低下などの問題が生じた場合、人は自身の経験的な知識や経験者の専門知識を用いて問題を解決する。このような知識をシステムが自律的に獲得し活用する機能を与えることにより、多様な環境に適応した QoS 制御が可能となると考えられる。本研究は QoS 制御の核となる QoS 制御知識に着目し、環境に応じてシステム自身が QoS 制御知識を自律的に切り替える柔軟な QoS 制御の実現を図る。この目的達成のために本研究では、資源制約のある一般的な計算機・ネットワーク環境下で、他のアプリケーションと同時に使用される MCS を想定し、以下の 3 つの課題すなわち、(T1) 多様な環境に適応できる QoS 制御能力を持ったマルチメディア通信サービスの実現、(T2) 知識の自動的な獲得・再利用、システム間の知識共有の実現、(T3) ユビキタス情報環境における効果的な知識の共有と利用の実現、の課題に取り組んだ。

従来のアプリケーションレベルの QoS 制御に関する研究では、環境に応じた QoS 制御方式の変更を扱っ

た研究がある。しかし、新たな環境に対応するための QoS 制御方式の効果的な追加や変更は困難であり、多様な環境への適応が十分に実現されていなかった。また、手続き型の知識を持ったエージェントを用いた QoS 制御に関する研究では、QoS 制御知識を持つエージェントの切り替えにより QoS 制御方式の大幅な切り替えが可能である。しかし、エージェント知識が手続き型のため知識の追加や変更が難しく、新たな環境に対応することが困難であり、開発時に想定していない環境に対応することが難しいという問題があった。そこで本研究では、ルール型の知識記述により知識の追加や変更を容易にし、環境に応じてシステム自身が QoS 制御知識を自律的に切り替える知識型マルチエージェントに基づく柔軟な QoS 制御を実現した。

## 第 2 章 知識を用いたマルチメディア通信サービスの QoS 制御

本章では、QoS 制御知識の導入により効果的なマルチメディア通信サービスの QoS 制御を実現する「知識型マルチエージェントに基づく QoS 制御方式」を提案している。本研究の課題(T1)である「多様な環境に適応できる QoS 制御能力を持ったマルチメディア通信サービスの実現」のためには、それぞれの環境の特徴に対応した QoS 制御手続きが必要である。しかし、多様な環境に対応した QoS 制御手続きをシステム設計時にすべて記述することは困難であり、手続きを追加・変更していく必要がある。また、QoS 制御手続きを段階的に追加・変更していった場合、その手続きの統一性・整合性を維持することが困難となる。この問題に対し、本章ではマルチメディア通信サービスのためのルール知識型マルチエージェントシステムに基づく QoS 制御方式を提案した。さらにこの提案方式の効果的な実現のために、MCS の QoS 制御動作に基づく知識の整理とエージェント化、および各エージェントの動作に基づくルール分類手法を提案した。QoS 制御動作に基づく知識の整理とエージェント化では、MCS の QoS 制御動作分析に基づきそれぞれの動作に必要な知識の整理をおこない、その結果からエージェント組織構成を決定した。さらに、各エージェント内のルール型の知識を、そのエージェントの動作解析に基づき整理した。この結果、知識を追加・変更する場合に統一性・整合性の維持が容易となり、QoS 制御方針の効果的な追加や変更が可能となった。この提案方式を双方向 MCS のひとつであるビデオ会議システムに適用したルール知識型やわかりやすいビデオ会議システム(RFVC: Rule type knowledge Flexible Videoconference system)を用いて評価実験をおこない、提案方式に基づきエージェントの QoS 制御知識を変更することにより、QoS 制御の性質が変化することが確認された。この実験結果から、ルール知識型マルチエージェントシステムに基づく QoS 制御方式により QoS 制御方針の適切な変更が可能であるという結論を得た。

## 第 3 章 マルチメディア通信サービスの効果的な QoS 制御のための知識流通フレームワーク

本章では、ネットワーク上において柔軟なマルチメディア通信サービスの QoS 制御を実現するために、QoS 制御知識の獲得・管理・配置の 3 機能を導入した QoS 制御の仕組みである「知識流通フレームワーク」を提案している。本研究の課題(T2)である、「知識の自動的な獲得・再利用、システム間の知識共有の実現」のためには、MCS が動作する多様な環境下での自動的な QoS 制御知識の獲得が必要である。また、QoS 制御知識が増加するに従い知識の保管や知識利用時の適切な選択が困難となる問題も生じる。この問題に対し、本章では QoS 制御知識の流通を可能とする知識獲得・知識管理・知識配置からなる知識流通フレームワーク(KCF: Knowledge Circulation Framework)を提案した。知識獲得では、MCS 提供中に利用者要求の変化や負荷の発生などの動作環境の変化により QoS 制御をおこなった場合や、新たな環境への移行が検出された場合などに、動的に QoS 制御知識の獲得をおこなう。知識管理では、獲得した QoS 制御知識をその性質や使用頻度などに応じて整理し蓄積する。知識配置では、どの QoS 制御知識をネットワーク上のどの位置に配置すれば効果的な QoS 制御がおこなえるかの判断をおこなう。そして、QoS 制御知識を用いた MCS において再

び知識を獲得する。このKCFにより、MCS提供中の動的なQoS制御知識の獲得、その知識の集約と管理、MCS開始要求があった場合の適切な知識配置が実現される。KCFの主な機能である知識獲得機能と知識配置機能の一部をビデオ会議システムであるRFVCに適用して評価実験をおこない、その結果KCFの適用により、円滑なQoS制御知識の流通が可能となり、QoS制御知識が適切に利用できることを確認した。以上から、知識流通フレームワークの適用によりRFVCの環境への適応性向上が確認され、知識流通フレームワークの有効性が検証された。

#### 第4章 知識流通フレームワークのユビキタス情報環境への適用

本章では、知識流通フレームワークを、資源制約の厳しいユビキタス情報環境に適用する手法を提案している。本研究の課題(T3)である、「ユビキタス情報環境における効果的な知識の共有と利用の実現」のためには、環境が非常に多様であるユビキタス情報環境において、一様なQoS制御知識ではそれぞれの環境に対応したQoS制御が困難であるという問題を解決する必要がある。この問題に対し、本章では第3章で述べた知識流通フレームワーク(KCF)に基づくユビキタス情報環境でのQoS制御方式を提案した。具体的には、環境の類似性を利用することにより、ユビキタス情報環境の多様性に対処する手法を導入した。提案方式では流通させる知識を「どのような動作環境下で」、「どのようなQoS制御知識を用いて」、「どの程度効果的なQoS制御ができたか」の3種類とした。知識獲得ではMCS提供中の動作環境とQoS制御による利用者要求達成度を観測することにより、上記の3種類の知識を獲得する。知識管理では、獲得した知識とすでに蓄積されている知識を比較し、動作環境の情報が一定以上類似している知識を類似した知識とみなして統合をおこなう。知識配置では、MCS開始要求があった環境の情報と、蓄積されている知識の動作環境の情報を比較し、一定以上類似している知識のうち最も利用者要求達成度が高い知識を配置する。以上の提案方式をビデオ会議システムであるRFVCに適用してユビキタス環境を想定した環境下で評価実験をおこなった。その結果KCFの適用により、ユビキタス情報環境においても資源状況に応じた確かなQoS制御がおこなえることが確認された。以上から、知識流通フレームワークの適用によりRFVCのユビキタス環境への適応性向上が確認され、提案方式の有効性が検証された。

#### 第5章 結論

第2章の提案方式である「マルチメディア通信サービスのためのルール知識型マルチエージェントシステムに基づくQoS制御方式」により、新たな環境に対応するためのQoS制御方針の追加や変更が可能となった。しかし、実際にQoS制御方針の効果的な追加や変更をおこなうためには、新たな環境に対応するための知識を自動的に獲得・利用するための機構が必要である。第3章と第4章では、知識流通フレームワークを適用することにより、新たな環境に対応するためのQoS制御方針の効果的な追加や変更をおこなう知識の動的獲得・利用のための機構が実現され、MCSの環境への適応性が向上しているという結論が得られた。

以上から、第2章、第3章、第4章の成果により、新たな環境に対応するためのQoS制御方針の効果的な追加や変更が実現された。これにより、資源制約のある一般的な計算機・ネットワーク環境下で、他のアプリケーションと同時にマルチメディア通信サービスが使用される環境において、多様な環境に対応し、可能な限り利用者が所望するQoSを提供するマルチメディア通信サービスを実現した。

## 論文審査結果の要旨

ネットワークや計算機の情報通信資源が十分でない環境において、専門知識を持たない一般利用者が高度なマルチメディア通信サービスを利用する場合、サービスを提供するシステムは、資源状況の変化に自律的に対応し所望の利用者要求を充足するようサービス品質(QoS)を適切に制御する必要がある。しかしマルチメディア通信サービスを提供する環境は、資源が必ずしも十分ではない無線ネットワークや小型携帯端末等の普及によりさらに多様化しつつあり、資源の不足によりQoSが大幅に低下する場合、それぞれの環境に応じてシステム自身が適切にQoSを制御することは困難であった。著者は、QoS制御の核となるQoS制御知識に着目し、環境に応じてシステム自身がQoS制御知識を自律的に切り替える知識型マルチエージェントに基づく柔軟なQoS制御方式に関する研究に取り組んできた。本論文は、その成果をまとめたもので、全編5章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、QoS制御知識の導入により効果的なQoS制御を実現する「知識型マルチエージェントに基づくQoS制御方式」を提案している。さらに、提案方式を双方向マルチメディア通信サービスのひとつであるビデオ会議システムに適用し、評価実験により本手法がQoS制御方針の適切な変更を可能とすることを確認した。これは、マルチメディア通信サービスの効果的なQoS制御の基盤となる重要な成果である。

第3章では、ネットワーク上において柔軟なQoS制御を実現するために、QoS制御知識の獲得・管理・配置の3機能を導入したQoS制御の仕組みとして「知識流通フレームワーク」を提案している。さらに、これらの中の主な機能をビデオ会議システムに適用し評価実験を行った。その結果、提案フレームワークによって円滑なQoS制御知識の流通が可能となり、QoS制御知識が適切に利用できることを確認した。これは、マルチメディア通信サービスにおけるQoS制御知識の効果的な利用に関する興味深い知見である。

第4章では、知識流通フレームワークを、資源制約の厳しいユビキタス情報環境に適用する手法を提案し、無線ネットワーク上でのビデオ会議システムに適用して評価実験をおこなった。その結果本手法により、ユビキタス情報環境においても資源状況に応じて的確なQoS制御が行えることが確認された。これは、本提案手法の実用性、有効適用範囲に関する興味深い成果である。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、マルチメディア通信サービスのQoS制御に関し、多様な環境に自律的に適応する柔軟なQoS制御のための基礎を与えたものであり、情報基礎科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は、博士(情報科学)の学位論文として合格と認める。